

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-274687

(43) 公開日 平成10年(1998)10月13日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 2 1 C 5/00

G D B

G 2 1 C 5/00

G D B A

7/00

G D B

7/00

G D B B

7/08

G D B

7/08

G D B Z

7/113

G D B

7/10

G D B J

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-79555

(22) 出願日 平成9年(1997)3月31日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 山下 淳一

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会

社日立製作所日立工場内

(72) 発明者 守屋 公三明

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会

社日立製作所日立工場内

(72) 発明者 配川 勝正

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会

社日立製作所日立工場内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

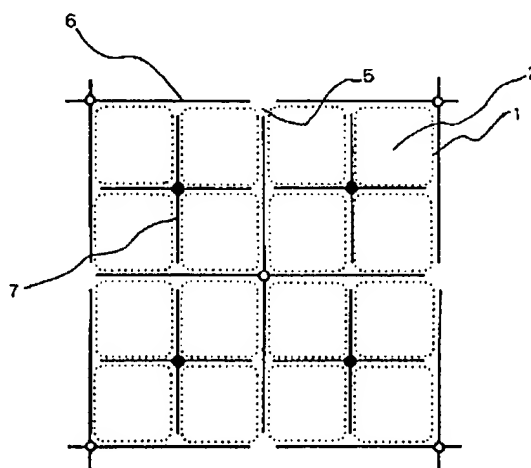
(54) 【発明の名称】 沸騰水型原子炉炉心及びその運転方法

(57) 【要約】

【課題】本発明の目的は、大幅な設備の変更がなく且つ製造コストを高価にすることなく、十分な制御棒価値を確保できる制御棒を備えた沸騰水型原子炉炉心及びその運転方法を提供することにある。

【解決手段】4体のチャンネルボックス1に囲まれた燃料集合体2で構成される正方バンドル領域の対角上のチャンネルボックス間に、それぞれ四方向に延びる制御棒翼を有する長翼制御棒6を配置し、さらに、正方バンドル領域の中央のチャンネルボックス間に制御棒翼の長さが燃料集合体2の幅と同程度の短翼制御棒7を配置する。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】チャンネルボックスに囲まれた燃料集合体を複数装荷し、前記チャンネルボックスとの間に制御棒翼を有する制御棒を複数配置する沸騰水型原子炉炉心において、

複数の燃料集合体より構成される正方バンドル領域の対角上のチャンネルボックス間にそれぞれ四方向に延びる制御棒翼を有する長翼制御棒を配置し、前記正方バンドル領域の中央のチャンネルボックス間に制御棒翼長が前記燃料集合体幅と同程度となる短翼制御棒を配置したことを特徴とする沸騰水型原子炉炉心。

【請求項2】請求項1において、前記燃料集合体で構成される正方バンドル領域が燃料集合体4体より構成され、前記正方バンドル領域の対角上に設置される長翼制御棒の翼長が前記燃料集合体幅の2倍程度となることを特徴とする沸騰水型原子炉炉心。

【請求項3】請求項1又は2において、前記短翼制御棒内に反応度効果の高い中性子吸収材を使用して制御棒価値を高めたことを特徴とする沸騰水型原子炉炉心。

【請求項4】請求項3において、前記短翼制御棒は、制御棒上部領域での中性子吸収材の濃度を相対的に大きくしたことを特徴とする沸騰水型原子炉炉心。

【請求項5】請求項1又は2において、前記燃料集合体内の燃料棒に使用するGdの濃度を下げたことを特徴とする沸騰水型原子炉炉心。

【請求項6】請求項1又は2において、燃料棒格子構造が8×8、9×9あるいは10×10からなる燃料集合体4体より構成される正方バンドル領域の対角上のチャンネルボックス間に、前記長翼制御棒を配置したことを特徴とする沸騰水型原子炉炉心。

【請求項7】請求項1において、燃料棒格子構造が8×8、9×9あるいは10×10からなる燃料集合体16体より構成される正方バンドル領域の対角上のチャンネルボックス間に前記長翼制御棒を配置し、前記正方バンドル領域の中央に短翼制御棒を配置し、前記長翼制御棒の翼長が燃料集合体幅の4倍程度で、前記短翼制御棒の翼長が燃料集合体幅の2倍程度であることを特徴とする沸騰水型原子炉炉心。

【請求項8】請求項1又は2において、前記正方バンドル領域を構成する燃料集合体は水ロッドを備え、前記水ロッド内に上昇流路及び下降流路を有し、各流路が水ロッドの流入孔及び流出孔と連結し、前記流入孔が前記流出孔より下方に位置することを特徴とする沸騰水型原子炉炉心。

【請求項9】請求項1又は2において、前記正方バンドル領域を構成する燃料集合体は、燃料棒数本分の横断面積に相当する横断面積の水ロッドを内部に設けたことを特徴とする沸騰水型原子炉炉心。

【請求項10】請求項1又は2において、前記制御棒翼内に設置される中性子吸収材として、前記燃料集合体の

中央側面部に面する部分に制御棒価値が高くなる材料を使用したことを特徴とする沸騰水型原子炉炉心。

【請求項11】請求項1又は2において、前記長翼制御棒の駆動を水圧駆動としたことを特徴とする沸騰水型原子炉炉心。

【請求項12】請求項1又は2の沸騰水型原子炉炉心の運転方法において、前記正方バンドル領域の中央のチャンネルボックス間に設置した短翼制御棒を用いて、運転時とスクラム時の反応度制御を行うことを特徴とする沸騰水型原子炉炉心の運転方法。

【請求項13】請求項1又は2の沸騰水型原子炉炉心の運転方法において、前記正方バンドル領域の対角上のチャンネルボックス間に設置した長翼制御棒を用いて、炉停止の反応度制御を行うことを特徴とする沸騰水型原子炉炉心の運転方法。

【請求項14】請求項1又は2の沸騰水型原子炉炉心の運転方法において、前記正方バンドル領域の対角上のチャンネルボックス間に設置した長翼制御棒を用いて、通常運転時の反応度制御を行うことを特徴とする沸騰水型原子炉炉心の運転方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は発電用沸騰水型原子炉の炉心及び制御棒システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】発電用に使われる沸騰水型原子炉のうち、最新のものである改良型沸騰水型原子炉（以下、ABWRと呼ぶ）の炉心は、図8に示すように、正方格子状に配列された燃料集合体2とその燃料集合体2の間に設置される制御棒4より構成されている。燃料集合体は複数の燃料棒とチャンネルボックス1より構成され、制御棒は、運転時の反応制御、緊急停止（スクラム）、及び炉停止を目的に使用され、原子炉圧力容器下部に設置されている駆動機構により、前記燃料集合体の外壁となるチャンネルボックス間に挿入される。

【0003】図9、図10に制御棒の構造を示す。制御棒4は、中性子吸収材8が内部に設置されている制御棒翼3とその本体より構成され、制御棒翼を炉心内に挿入し、余剰となる中性子を吸収することにより、余剰反応度を制御する。

【0004】特開平6-174874号公報には、熱的余裕及び炉停止余裕を確保しつつ、燃料集合体を大型化することにより、炉心に装荷される燃料集合体を大型化して体数を低減し、燃料取替の省力化を図る技術が記載されている。

【0005】図11に示すように、大型燃料集合体炉心では、制御棒4の位置は従来格子炉心と同一であるが、45度回転させ、その制御棒内に大型燃料集合体を設置した構造となる。そのため、大型燃料集合体は従来の燃料集合体の2体分に対応する。また、炉停止余裕を確保

する観点より、制御棒の翼3は大型化し、集合体の対角上のチャンネルボックス1間に配置してある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術には、以下の課題が存在する。

【0007】すなわち、燃料集合体の大型化により集合体体数は低減するが、制御棒の本数は従来プラントと同程度であり、大型集合体の停止余裕を十分に確保するため、制御棒の翼長は増大し、制御棒単体の単価が上がり、プラント全体で見れば、コスト高となる。

【0008】さらに、高燃焼度化、省ウラン化を進めるためには、燃料装荷量とGd燃料棒が増え、炉停止余裕が低減するという課題があった。

【0009】本発明の目的は、大幅な設備の変更がなく且つ製造コストを高価にすることなく、十分な制御棒価値を確保できる制御棒を備えた沸騰水型原子炉炉心及びその運転方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、チャンネルボックスに囲まれた燃料集合体を複数装荷し、前記チャンネルボックスとの間に制御棒翼を有する制御棒を複数配置する沸騰水型原子炉炉心において、複数の燃料集合体より構成される正方バンドル領域の対角上のチャンネルボックス間にそれぞれ四方向に延びる制御棒翼を有する長翼制御棒を配置し、前記正方バンドル領域の中央のチャンネルボックス間に制御棒翼長が前記燃料集合体幅と同程度となる短翼制御棒を配置する。

【0011】本発明によれば、長翼制御棒では、翼長を増加した分だけ燃料集合体をカバーする範囲が増加し、単体として制御棒価値が増加する。しかしながら、制御棒自体が大きくなるので、制御棒一体が挿入できない場合の炉停止余裕の確保が問題となる。

【0012】そこで、長翼制御棒を一体引き抜いた時の反応度変化を解析的に求めた。図3に、制御棒を1体引き抜いた時に制御できない燃料集合体の範囲を従来の格子と比較して示す。

【0013】本発明で着目する大型格子燃料集合体は従来の燃料集合体4体分相当の大きさとなるため、大型格子燃料集合体を4つのブロック(以下、ミニバンドルと呼ぶ)にわけ、そのミニバンドル上に、制御棒で制御できない領域をハーフトーンで示した。

【0014】従来の格子では、制御できない領域は制御棒を含む菱形の領域となるが、本発明では、前記の菱形の領域以外に四つの小さな菱形の領域(網掛けで表示)となり、停止余裕が低減しているように見える。しかし、この小さな菱形の領域は近接する短翼制御棒7と長翼制御棒6に囲まれているため、影響を受け、その領域での効果は小さいことが予想される。解析結果によると、従来格子と比べ、本発明での炉停止余裕の低下は1

%Δk以下となり、炉停止余裕は従来格子とほとんど変わらなく、炉停止余裕は確保できることがわかる。

【0015】したがって、長翼制御棒を使用することにより、単体としての制御棒価値が増加できるため、その増加分、制御棒の本数ならびに制御棒駆動機台数が大幅に低減できるため、コストを低減できる。さらに、制御棒本数、制御棒駆動機台数の低減により、制御棒システムが簡素化できる。

【0016】

10 【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を参照しつつ説明する。

【0017】図1に本発明による実施例を示す。本実施例では、チャンネルボックス1に囲まれた燃料集合体2を複数(図中例では4体)装荷し、前記チャンネルボックス1との間に制御棒翼を有する制御棒を複数配置する沸騰水型原子炉において、複数の燃料集合体2より構成される正方バンドル領域の対角上のチャンネルボックス間に、それぞれ四方向に延びる制御棒翼を有する長翼制御棒6を配置し、さらに、正方バンドル領域の中央のチャンネルボックス間に制御棒翼の長さが前記燃料集合体幅と同程度となる短翼制御棒7を配置した構造にしている。

【0018】このような構造を備えることにより、前述したように、対角上のチャンネルボックス間に設置した長翼制御棒6では、単体としての制御棒価値が増加しているため、その増加分、制御棒の本数ならびに制御棒駆動機台数が大幅に低減できるため、コストを低減できる。定量的には従来格子に比べ制御棒を25%低減できる。

30 【0019】図2に炉心全体での制御棒の配置例を示す。○印が長翼制御棒6であり、●印が短翼制御棒7を示す。従来に比べて、大幅に、制御棒本数、制御棒駆動機台数の低減ができ、制御棒システムを簡素化できることがわかる。また、作用の項で説明したように、炉停止余裕が容易に確保でき、制御棒の員数が低減する。その結果、炉停止確保のためのGd残留、低インベントリ燃料装荷がなくなり、経済性が大幅に向上する。

【0020】また、本実施例において、対角上の長翼制御棒を炉停止用に、中央の短翼制御棒を運転時及びスクラム時の反応度制御用に、役割分担をすることにより、さらに、システムが合理化・単純化でき、プラント全体のコストを低減できる。

【0021】さらに、上記反応度制御用の短翼制御棒において、中性子吸収材として反応度効果の大きい材料(B¹⁰)を使用することにより、短翼制御棒の制御棒価値が増え、スクラム特性、反応度制御特性を向上できる。

【0022】また、対角上の長翼制御棒はスクラム用でなくなるので、高速スクラム等の制御系が削除でき、安価な水圧式駆動系の使用が可能となり、大幅にコストが

低減する。

【0023】また、上記実施例において、対角上の長翼制御棒6を運転時の反応度制御と炉停止用に、中央の短翼制御棒7をスクラム用に、役割分担することも可能である。その場合には、上記同様、システムが合理化・簡素化されるため、コストの低減が期待できる。

【0024】また、図1の実施例において、制御棒内で使用する中性子吸収材に関して、上部領域で反応度値を向上させる別の実施例を以下に示す。本実施例では、特に、正方バンドル領域の中央部に設置する短翼制御棒10の濃度を相対的に上部で大きくする構造にしたところにある。

【0025】一般に、沸騰水型原子炉では、運転時に、炉心上部でボイド率が高いため、中性子スペクトルが硬化し、中性子吸収による Pu^{239} の生成が促進される。そのため、炉心上部の核分裂物質の濃度が高くなり、その領域の炉停止余裕が相対的に低減する。

【0026】本実施例では、炉停止余裕が相対的に低下する炉心上部領域に対して、制御棒の上部領域で B^{10} の濃度の増加により制御棒価値が増え、炉停止余裕を向上できる(図4参照)。さらに、使用する B^{10} の量を低減できるので、製造コストの低減を図ることができる。したがって、トータルとして、プラント全体のコストを低減できる。

【0027】図5、図6に、燃料棒格子構造が 8×8 、 9×9 、および 10×10 の燃料集合体に適用した実施例を示す。前記実施例と同様に、制御棒4の数の低減により、プラントコストを大幅に低減できる。また、制御棒の役割分担により制御棒系システムが簡素化・単純化でき、プラント全体として大幅なコスト低減ができる。

【0028】図7は、本発明の他の実施例を示したものである。本実施例は、図1の実施例において、正方バンドル領域を構成する燃料集合体2が9本の水ロッド11を備え、水ロッド11が上昇流路12及び下降流路13を有し、上昇流路12及び下降流路13がそれぞれ水ロッド11の流入孔14及び流出孔15と連結し、流入孔14が流出孔15より下方に位置する構成としたものである。

【0029】本実施例における水ロッド内の水の密度は、燃料集合体を通過する流量により大幅に変化する。すなわち、炉心流量が少ない状態では、水ロッド内で発生する蒸気量が流入する流量より多くなるため、水ロッド内は蒸気で充満する。流量が増加すると、水ロッド内で発生する蒸気量を流入量が上まわるので、水ロッド内は水状態となる。そのため、燃焼初期の低流量運転時には水ロッド内は蒸気で充満し、燃料集合体内平均密度が

低減するため、中性子スペクトルが硬化し、 Pu^{239} の生産が促進される。

【0030】一方、燃焼末期の高流量運転時には水ロッド内が水状態となり、燃料集合体内の平均密度が増加するため、中性子スペクトルが軟化し、低流量運転で生産された Pu^{239} を効率的に燃やすことができ、燃料経済性を向上できる効果がある。すなわち、燃焼初期の余剰中性子を Pu^{239} の生産に振り向けることができるため、運転時の余剰中性子吸収による反応度制御の低下分、短翼制御棒の員数を低減できるので、さらにコスト低減が実現する。さらに、燃料集合体の大型化により、この水ロッドを多数配置できるため、さらに Pu^{239} の有効利用効果が増大し、燃料経済性を大幅に向上できる。

【0031】本発明では、図1に示すように大型格子燃料集合体となるため、燃料経済性向上の観点より、燃料棒数本分相当の横断面積を有する水ロッドを内部に設けることも有効である。さらに、制御棒翼内に設置されている中性子吸収材として、前記燃料集合体2の中央側面部に面する部分に制御棒価値が高くなる材料を使用することにより炉停止余裕を向上できる。

【0032】

【発明の効果】本発明によれば、制御棒価値を低減することなく制御棒本数を大幅に低減でき、また、制御棒の役割を分担化できるので、制御システムを簡素化・合理化できるので、プラントコストを低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示す図。

【図2】本発明による制御棒の配置を示す図。

【図3】炉停止余裕に関する本発明と従来例との比較を示す図。

【図4】 B^{10} 濃度と炉停止余裕の関係を示す図。

【図5】本発明の別の実施例を示す図。

【図6】本発明の別の実施例を示す図。

【図7】本発明の別の実施例を示す図。

【図8】従来例を示す図。

【図9】制御棒の構造を示す図。

【図10】制御棒の断面図を示す図。

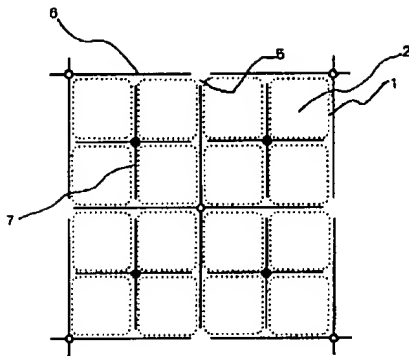
【図11】従来の大型格子燃料と従来格子燃料の比較を示す図。

【符号の説明】

1…チャンネルボックス、2…燃料集合体、3…制御棒翼、4…制御棒、5…水ギャップ、6…長翼制御棒、7…短翼制御棒、8…中性子吸収材、9…反応度制御系、10…スクラム制御系、11…水ロッド、12…上昇流路、13…下降流路、14…流入孔、15…流出孔。

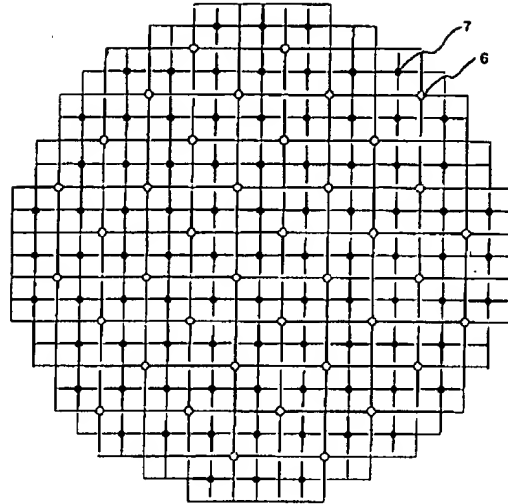
【図1】

図 1

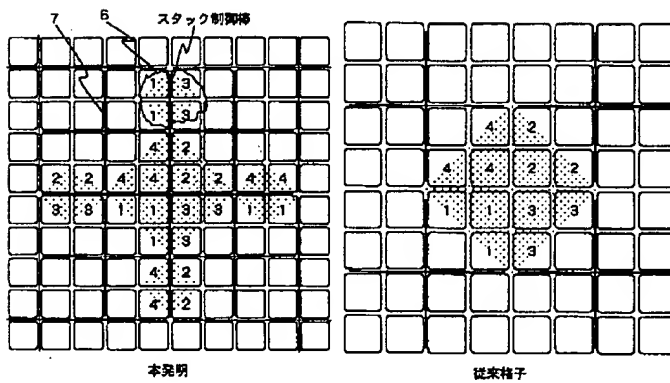


【図2】

図 2

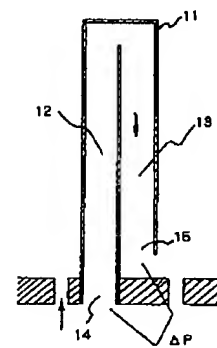
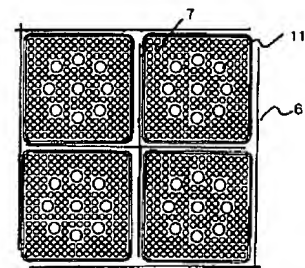


【図3】



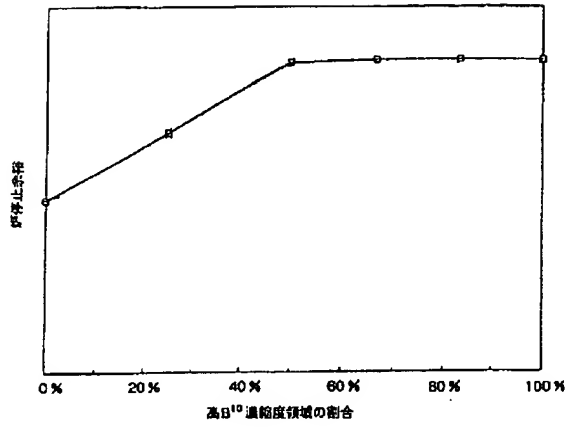
【図7】

図 7



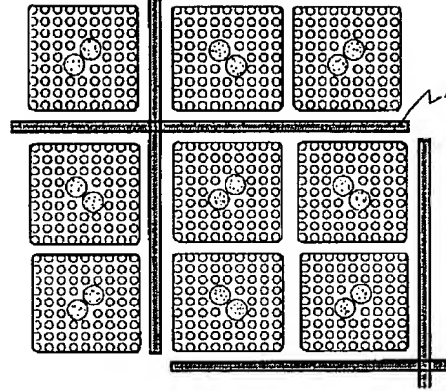
【図4】

図 4



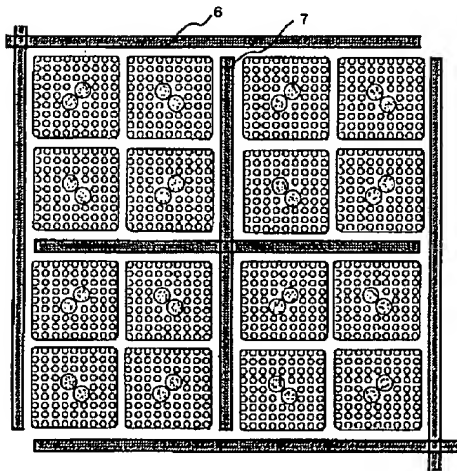
【図5】

図 5



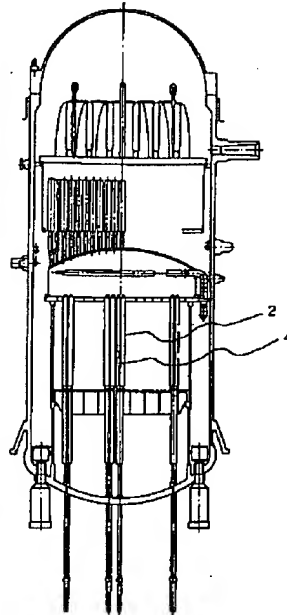
【図6】

図 6



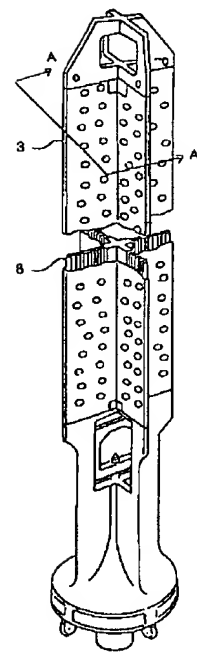
【図8】

図 8



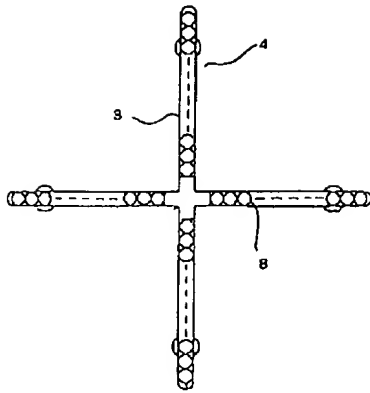
【図9】

図 9



【図10】

図 10



【図11】

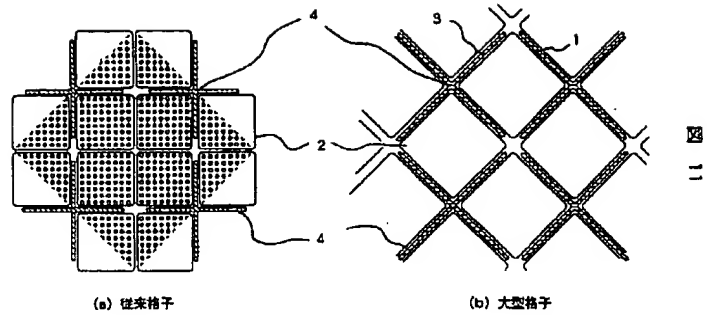


図 11

フロントページの続き

(72)発明者 増原 康博
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会
社日立製作所日立工場内
(72)発明者 滝井 太一
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会
社日立製作所日立工場内
(72)発明者 山中 章広
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会
社日立製作所日立工場内

(72)発明者 近藤 貴夫
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会
社日立製作所日立工場内
(72)発明者 青山 肇男
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株
式会社日立製作所電力・電機開発本部内
(72)発明者 茶木 雅夫
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株
式会社日立製作所電力・電機開発本部内